

技術情報誌 テクノリッジ

Industrial Technology Center of Wakayama Prefecture

TECHNORIDGE

2012 295



特集

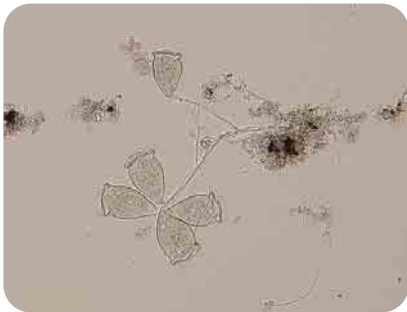
排水処理技術 - 低コスト・小型化をめざして -

和歌山県工業技術センター
<http://www.wakayama-kg.go.jp/>



TECHNORIDGE

2012 295



汚泥中の原生動物

- 2 巻頭言
- 3 生物処理のしくみ
- 4 固定化担体を活用する窒素除去法の開発
- 6 低コスト有機排水処理システムの開発
- 8 新人紹介

地球と共存するための技術
それは微生物が教えてくれた技術



編集担当
なかむら まこと
中村 允

和歌山県工業技術センターでは、平成 22 年度から第二期中期経営計画に基づいた企業支援に取り組んできました。本中期経営計画では、工業技術センターの具体的ミッションを①共同利用型企业支援、②課題解決型企业支援、③先行的技術開発、④地域産業振興施策実施と定め、企業が直面している課題を素早く解決するとともに、研究開発や人材育成支援を通じ、県産業の将来の発展を支援することにも注力してきました。特に先行的技術開発では、社会的要請を的確に捉え、かつ長期的な視点を持った事業を選定し、大きなビジネスチャンスを産み出す和歌山ブランドの創生を目指した取り組みを実施しています。本紙テクノリッジでは今後もこれらの事業を積極的に取り上げ、成果の普及に努めていきたいと思ひます。

さて、今回はその先行的技術開発の中で最近最も成果を挙げた事例の一つである「微生物を利用した産業排水処理技術」について特集しました。排水処理技術は、食品、化学、製薬、染色などの幅広い業界にとって必要不可欠な技術でありながら、高いコストと大きな設置スペースが必要であるため、中小企業にとっては大きな負担になっています。当センターでは、これら業界からの要請を受け、低コスト、高性能かつコンパクトな排水処理設備の開発に取り組んできました。本号では、この成果について生物処理の基本的な仕組みや将来への展望を交えて紹介したいと思います。

現在、環境問題への取り組みは企業にとって大きな課題となっています。特に産業排水は、水質汚濁防止法によって厳しい規制が設けられており、各企業では環境への影響を最小限に食い止めた上で企業活動を維持していかなければなりません。排水処理は、中小企業にとって頭を悩ます問題ですが、今回紹介する技術がその問題解決の一助になることを期待しています。

TECHNORIDGE へのご意見、ご質問、ご感想等をお寄せ下さい。
mail アドレス : technori@wakayama-kg.go.jp

工業技術センター HP からはバックナンバーもご覧いただけます。
<http://www.wakayama-kg.go.jp> HP ⇒ センターの刊行物

生物処理のしくみ

生活・環境産業部 繊維皮革グループ 中村 允

はじめに

排水処理はろ過や沈殿、凝集などの物理作用を利用した物理化学的処理と微生物を利用した生物学的処理に大別されます。これらは、それぞれの長を生かして使い分けがされています。今回は、当センターでこれまでに取り組んできた生物処理について紹介します。

微生物による排水処理

生物処理は、反応槽の中で、微生物の働きにより水中の廃棄物を分解させる方法です（図1上）。反応槽の中には、細菌類の他、原生動物、後生動物など様々な微生物が共存しており、これらの微生物を総称して汚泥と言います。これらの微生物は、酸素を必要とする好気性〔こうきせい〕生物と酸素を必要としない嫌気性〔けんきせい〕生物に大別されます。実際の生物処理では、対象となる廃棄物の濃度や種類によって好気性生物と嫌気性生物を使い分けたり、組み合わせたりして利用しています。好気性生物と嫌気性生物では、育成環境が異なるため、通常は、二つの反応槽が必要になります。

固定化担体の利用

固定化担体とは、微生物の住み処のようなものであり、浮遊している汚泥を付着固定することによって、汚泥の濃度を高くするだけでなく、好気部分と嫌気部分を一つの槽内につくすることもできます（図1下）。このため、これまでとは異なる反応を起こすことが可能になります。現在では、様々な材質、形状の固定化担体を利用した生物処理の研究がおこなわれています。

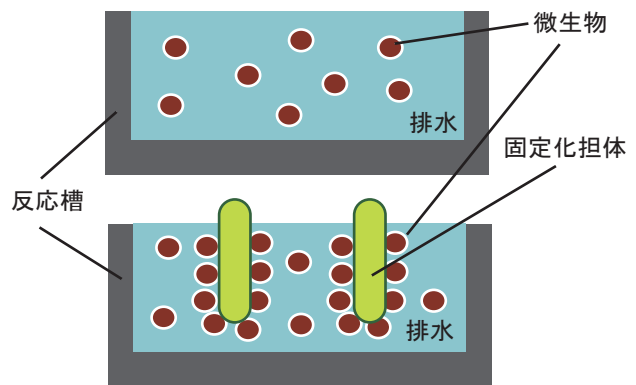


図1 生物処理の概略図

Information

第49回全国繊維技術交流プラザにて優秀賞を受賞

今回紹介する排水設備は、微生物の固定化担体として県産パイル織物を使用していることが大きな特徴となっています（4ページ参照）。パイル織物は、織物の基布にパイル糸が織り込まれた有毛布地であり、橋本市の高野口地方で古くから生産されてきました。近年ではその3次元構造を利用して、様々な産業用資材としての用途展開も積極的に行っています。今回紹介する排水設備用固定化担体への利用もその一つであり、新しい和歌山ブランドとして注目されています。



固定化担体用の県産パイル織物



受賞後の山際秀誠主査研究員

固定化担体を活用する窒素除去法の開発

生活・環境産業部 繊維皮革グループ 山際 秀誠

はじめに

東京湾、伊勢湾、瀬戸内海は閉鎖性水域に指定され、総合的な汚濁負荷削減対策を推進するために、COD (Chemical Oxygen Demand、化学的酸素要求量)、窒素、リンの3つの項目が水質汚濁防止法における総量規制の対象になっています。和歌山県では、紀伊日の御岬灯台よりも北部の海域が瀬戸内海に指定されており、今後、排水量に関わる規制の強化や規制エリアの拡大によって対象事業所が拡大される可能性もあり、規制基準を達成するための処理システムの導入と経済的な運転管理法の確立が求められています。

当センターでは、これまでに微生物を用いた窒素除去技術の開発に取り組んできました。本稿では、排水の窒素除去技術として広く採用されている硝化・脱窒法と新しい窒素の代謝経路として現在注目を浴びている嫌気性アンモニア酸化反応 (ANAMMOX : ANaerobic AMMonium Oxidation) を用いた窒素除去法に対する研究成果について紹介します。

硝化・脱窒処理技術の開発

硝化・脱窒法の仕組み

図1に示すように、硝化・脱窒法において、好気性条件下における硝化反応は、アンモニウムイオンを亜硝酸イオンに酸化させるアンモニア酸化細菌と、亜硝酸イオンを硝酸イオンに酸化させる亜硝酸酸化細菌が担っています。アンモニア酸化細菌や亜硝酸酸化細菌が増殖する速度は極めて遅いため、処理槽内で効率的な硝化反応を行うためには、細菌の滞留時間を増やせる固定化担体のようなものが必要になります。一方で、脱窒細菌は

嫌気性条件下においては亜硝酸イオンまたは硝酸イオンを利用して硝酸呼吸を行い、2モルの硝酸イオンまたは亜硝酸イオンから1モルの窒素ガスが生成し脱窒が行われますが、この時、電子供与体として有機物が必要となります。このため、効率よく脱窒反応を行うために、メタノール等の有機物を嫌気部分に投入することもあります。

一槽型処理システムの開発

従来の硝化・脱窒法では、好気処理をおこなう処理槽と嫌気処理を行う処理槽の二つの槽が必要であり、設置面積が大きくなり経済的な負担が大きいことが課題となっていました。そこで、当センターでは、既存の曝気槽に固定化材を設置するだけで、硝化・脱窒反応と有機物の除去を行うことが出来るシステムを開発しました。このシステムの特徴はポリエステル製不織布を汚泥付着固定用の担体として用いた固定化材を曝気槽中に設置することによって、一つの反応槽内に好気部分と嫌気部分を作り出せるために好気性の反応と嫌気性の反応が同時に進行することです。固定化材の内部は嫌気状態を保つことが出来るため脱窒反応が進行します。一方、固定化材の外側では、空気曝気が行われているため、好気状態を保つことができ、硝化反応と有機物の除去反応が進行します。

さらに、我々の開発したシステムでは、固定化材内部の嫌気部分に有機物を含んでいる原排水を投入することによって、脱窒に必要な電子供与体も供給されるような形式になっており、有機物と窒素を同時に除去することができる新しいシステムとして特許を取得いたしました (図2、特許第3906344号)。

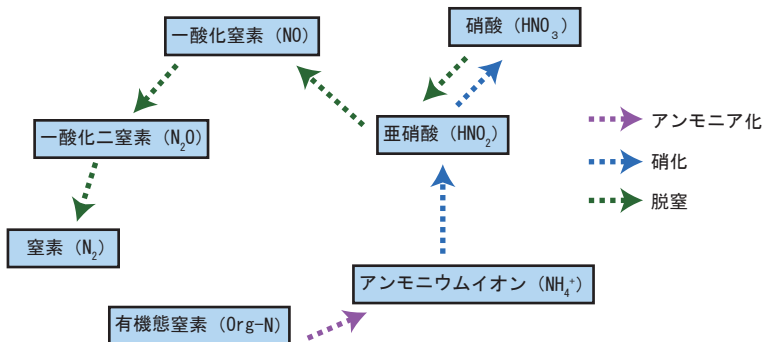


図1 硝化・脱窒法の反応経路

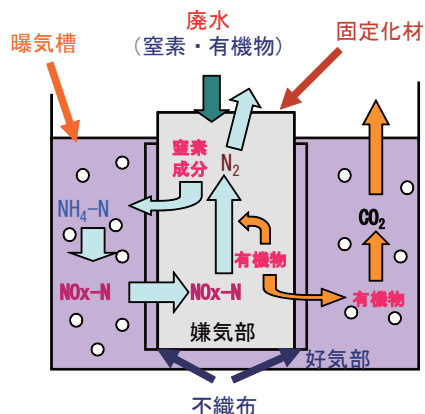


図2 有機物・窒素同時除去システム

固定化担体を活用する窒素除去法の開発

新しい固定化担体の開発

我々の実験の中で、この方式での窒素除去を効率的・安定的に行うためには、硝化速度の改善と不織布を介した物質移動の安定化の2点が大きな課題になることがわかってきました。このことから、アクリル製のパイル織物を用いた新しい固定化担体の開発に着手しました。パイル織物は、不織布に比べ、材質や形状を自由に設計できる等の利点があります。我々は、様々な材質・形状のパイル織物を固定化担体として用いた硝化・脱窒処理実験をおこない、不織布と比較して3倍以上の硝化速度が得られると共に、長期間安定的に物質移動を維持することができるパイル織物の開発に至り、有機物とアンモニウムイオンが含まれる排水から、これらの物質を同時にかつ安定的に除去ができる処理システムを確立することができました。

ANAMMOX 処理技術の開発

ANAMMOX 法の仕組み

ANAMMOX 細菌を用いる本法は、オランダのデルフト工科大学の研究グループにより 1995 年に初めて報告された方法です。この反応は従来の硝化・脱窒反応とは全く異なる新しい反応であり、図3のように亜硝酸イオンとアンモニウムイオンから窒素除去が進行する反応として提唱されています。現在は、アンモニウムイオンの約半量を亜硝酸イオンに酸化する部分亜硝酸化と呼ばれる前処理工程と ANAMMOX 反応を組み合わせた窒素除去プロセスが実用化されています。また、部分亜硝酸化と ANAMMOX プロセスを一つの反応槽で行う一槽型のプロセスも開発されています。

世界最速の処理速度を達成

当センターで行っていた硝化・脱窒処理技術の開発途中で、硝化・脱窒処理槽内の微生物につい

て調査を行い、ANAMMOX 菌に近縁の細菌が存在することを突き止めました。ANAMMOX 菌は、地下水などから検出されており、地下水が多く流入している和歌山市の終末処理場でこの菌が存在している可能性は十分にありました。そこで、終末処理場の活性汚泥から ANAMMOX 菌の集積培養を試みたところ、ANAMMOX 反応が進行することを確認することができました。さらに、固定化担体としてパイル織物を利用することにより、部分亜硝酸化反応と ANAMMOX 反応が一つの反応槽内で進行する SNAP (Single stage Nitrogen removal using Anammox and Partial nitritation) と呼ばれる反応が進行することも確認することができました。この SNAP 反応は、熊本大学で開発された方法であり、固定化担体にアンモニア酸化細菌と ANAMMOX 菌が共存することで一つの反応槽内で窒素除去が進行する反応です。我々の反応槽内でも、固定化担体としてパイル織物を用いることで、パイル織物の先端部分には好気性のアンモニア酸化細菌が生存し、根本部分には嫌気性の ANAMMOX 菌が生存することで SNAP 反応が進行していると推測しています(図4)。このパイル織物を用いた SNAP 反応における窒素除去速度は、最大で 3.6kg/m³/day に達しており、一槽型の ANAMMOX 処理技術としては、世界最高水準の窒素除去速度です。

おわりに

本稿では、生物を利用した窒素除去技術に関する取り組みを紹介しました。我々が開発した硝化・脱窒処理システムは、一つの反応槽内で有機物と窒素の同時除去が可能になる方法です。一方 ANAMMOX 反応は有機物が多く含まれる排水では適応が困難ですが、有機物が含まれていなければ硝化・脱窒法よりも高効率で窒素除去が可能になります。これらの窒素除去技術を排水の性状によって使い分けて実用化を目指していきたいと考えています。

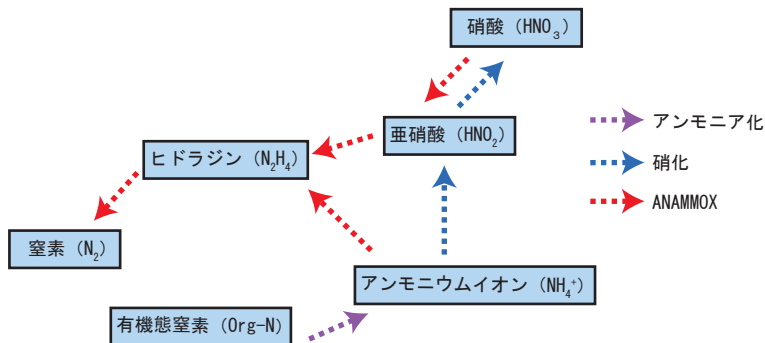


図3 ANAMMOX 法の反応経路

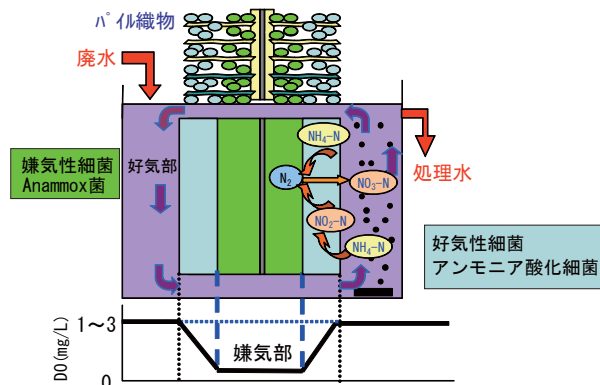


図4 パイル織物を固定化担体に用いた SNAP 処理技術

低コスト有機排水処理システムの開発

電子産業部 高辻 渉

はじめに

水質汚濁防止法では、工場排水を河川へ排出する場合、排水中の有機物汚濁指標である BOD や COD を平均 60ppm 以下にすることと規定されています。有機物を多く含む排水の処理方法としては、活性汚泥法が一般的に採用されています。この方式は、排水中の有機物を活性汚泥（微生物群）に食べさせて除去する方式であり、有機物の種類や濃度といった排水状況への順応性が高く、大変優れた処理技術です。

しかし活性汚泥法は、排水量が少ない場合でもある程度の設置面積が必要となり、規模が小さくなればその分割高（イニシャルコスト／排水量）となります。このため中小企業、特に零細企業において、活性汚泥設備を設置することは大きな負担となります。我々は、活性汚泥法をベースに、中小企業でも十分導入可能な低コスト排水処理設備の開発に取り組んできました。今回、梅加工場排水をターゲットに開発しました排水処理技術を紹介いたします。

梅加工場排水処理の現状

本県紀南地域は、全国でも有名な梅の生産地であり、多くの梅加工場が存在しています。工場からの排水は大きく 2 種類に区別することができます。一つは、工場内の洗浄水を中心とした工場排水（COD：1000ppm）であり、もう一つは調味梅を製造する際に発生する調味廃液です。

調味廃液の排出量は工場排水に比べて少量ですが、COD濃度が 10 万 ppm の超高濃度有機性排水です。さらに pH：2～3、食塩：7% と酸および食塩濃度

が非常に高いため、活性汚泥法で処理する場合には 100 倍量の水で希釈する必要があります。よって梅加工場では総排水量に対して、通常より大きな排水処理設備が必要となってきます。しかし工場の多くは小規模であり、大きな排水処理設備を導入することは企業にとって大きな負担となります。平成 18 年度の梅調味残渣実態調査結果（田辺保健所資料）によると、みなべ・田辺地域の梅加工場の半数が調味廃液を産業廃棄物として委託処理しています。しかし平成 19 年度の「海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律の一部を改正する法律」により調味廃液の海洋投入が禁止となり、今後処理コストの上昇が懸念されるどころです。

また工場排水の COD 濃度も決して低い濃度でないため適正処理をする必要があります。零細企業においても導入できる低コスト排水処理設備の開発が急がれているところです。

超高濃度有機性排水（調味廃液）処理システムの開発

当センターでは、調味廃液と工場排水を同時に処理するシステムとして、酵母と活性汚泥を組合せた方式（複合酵母活性汚泥方式：通称 WINTEC 方式）を開発しました^{1,2)}（図 1）。この方式では、まず調味廃液を工場排水で 5～25 倍に希釈し酵母槽に供給します。酵母槽では、当センターが梅加工場から分離採取した酵母 UY7 により排水中の有機物を 30～50%（COD 換算）除去します。次に、酵母槽で処理された排水は、pH 調整（約 pH=6）を行った後、残りの工場排水と混合し活性汚泥槽に供給します。活性汚泥槽では、固定化担体に付着

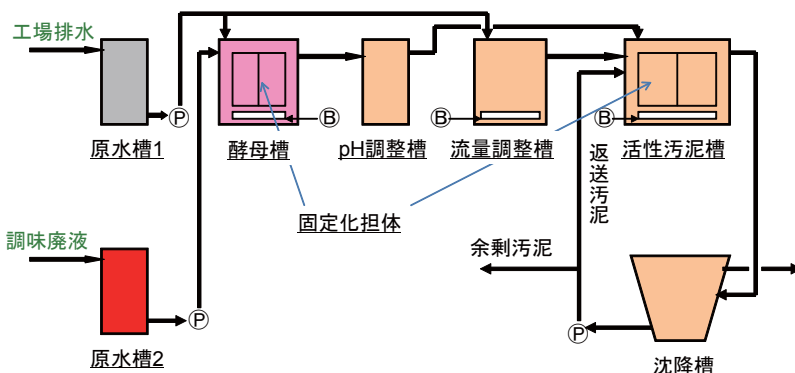


図 1 WINTEC 方式の概略図

表 1 WINTEC 方式による排水処理

	流量 (m ³ /day)	滞留時間 (日)	COD (ppm)
工場廃液	3		120000
工場排水	400		1000
酵母槽		4	
流入水	30		12900
処理水			9000
活性汚泥槽		1	
流入水	403		1600
処理水			60

表 2 活性汚泥槽から出る余剰汚泥発生量

	COD (ppm)	MLSS (ppm)	余剰汚泥 (L/D)
流入水			
処理水			
活性汚泥方式	1530	32	7300
WINTEC 方式	1530	19	12500

低コスト有機排水処理システムの開発

した活性汚泥（大型の原生動物が存在する汚泥）と遊離な活性汚泥（細菌、小型原生動物が存在する汚泥）の共同作用により排水規制値まで有機物を除去します。

表1に WINTEC 方式により梅加工場排水（調味廃液 3 m³/日、工場排水 400 m³/日）を処理した場合の結果を示しました。この方式では、必要な槽容積（酵母槽＋活性汚泥槽）が 523m³ であり、従来の活性汚泥方式（調味廃液 100 倍希釈の場合：703 m³）に比べ省設備となります。最適化シミュレーションを行った結果、総槽容積は活性汚泥方式の場合と比べ 1/2 まで縮小することができました³⁾。

また WINTEC 方式では、酵母槽および活性汚泥槽に固定化担体を投入しているため、処理の安定性の向上と処理設備から系外に排出される汚泥余剰汚泥の減容化を実現することができます¹⁾。表2に活性汚泥槽の MLSS（汚泥濃度）と余剰汚泥発生量を示しました。このデータは、6ヶ月間の工場排水処理プラント実験における平均値です。WINTEC 方式では、活性汚泥槽内の MLSS を高く維持することができるため排水の変動に強く、良好な処理水を安定に得ることができました。また固定化担体としてパイル担体を使用した場合、担体に付着した大型原生動物による食物連鎖が進行するため余剰汚泥発生量も 3～4 割程度少なくなりました¹⁾。このように WINTEC 方式は、省設備化および低維持費化の面で優れた方式であることがわかります。

小規模排水処理装置の開発

紀南地域のすばらしい自然環境を維持、保護する上で、河川の水質保全是大変重要です。企業規模によっては、調味廃液を処理せずに産業廃棄物として処分委託する方が経済的に有利な場合があります。しかし工場排水は自社で適正処理する必要がありますため、低価格で運転管理が容易な処理装置の開発が望まれていました。当センターでは、

零細企業においても導入できる排水処理装置を県内企業と共同で開発しました⁴⁾。この装置では、活性汚泥槽にパイル担体を投入し、後段に膜ろ過装置を設置しています（図2および図3）。パイル担体を使用することで、処理の安定化と汚泥減容化が図れます。プラント実験における結果では、通常の活性汚泥法に比べ余剰汚泥量が半分になりました⁵⁾。膜ろ過装置を設置することで、処理装置から排出される処理水の透明度を高く維持することができます。また汚泥を槽内に完全に保持することができ、バルキング（汚泥の沈降性が悪化する現象）が起こった場合でも運転を停止する必要なく対処することが可能となります。このように本装置は、活性汚泥法にパイル担体とろ過膜を組み合わせることにより、設備の小型化と運転管理の簡単化を実現することができました。

おわりに

今回、梅加工場排水処理における取組を紹介しましたが、本方式は有機物処理一般に対応できるものです。特に我々の方式では、活性汚泥をパイル担体に付着させることで、処理の安定化と余剰汚泥の減容化を実現しました。排水処理設備の新設もしくは改造をお考えになる場合において、今回紹介いたしました方式を検討技術の一つに加えて頂ければ幸いです。

参考文献

- 1) 「複合酵母・活性汚泥法による梅加工場排水処理のコンパクト化と余剰汚泥減容化」 用水と廃水 2008, 50, 6, p. 504-512
- 2) 「廃液処理方法及び廃液処理装置」 特許第 4106458
- 3) 「酵母 UY7 株の有機物資化動力学」 日本水処理生物学会 2011, 47, 1, p. 1-7
- 4) 「排水処理装置」 特許出願 2010-228643
- 5) 平成 21 年度新連携共同研究事業報告書 p. 17-23

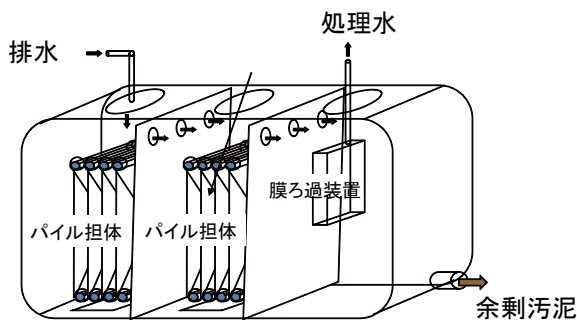
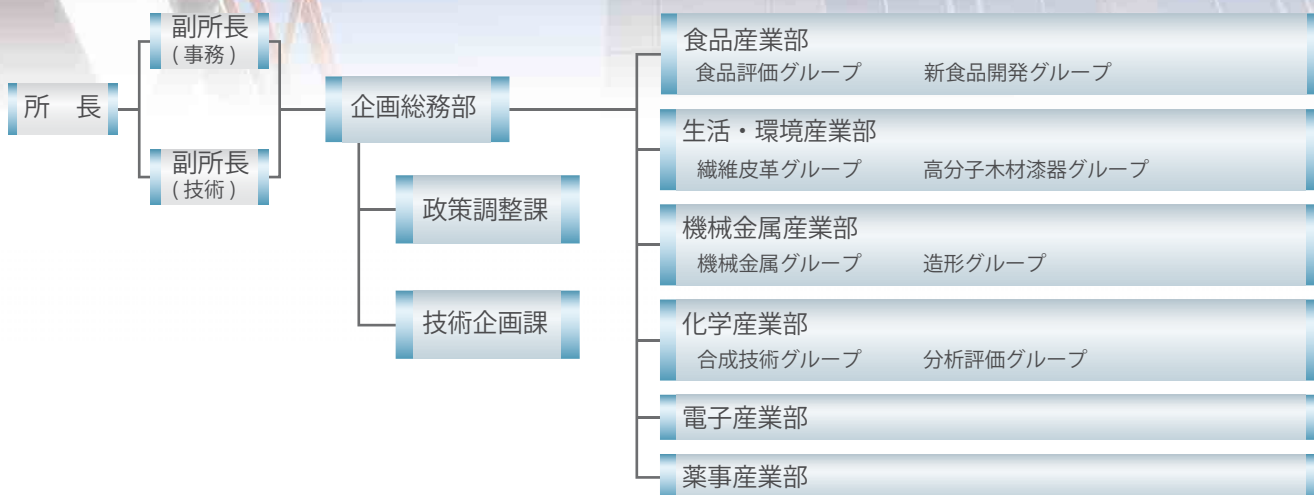


図2 小規模排水処理装置



図3 小規模排水処理装置

組織



新人紹介

食品産業部 部長 福本 憲治 (専門分野: 食品開発、品質管理)



略歴

昭和 50 年 3 月 高知大学大学院農学研究科栽培漁業学専攻 修了
食品会社 3 社勤務経験
平成 24 年 4 月 和歌山県採用 和歌山県工業技術センター配属

「食に関するマネジメント経験を活かし、県内食品関連企業と密に連携しながら部員全員で品質の向上や新規開発に取り組みます。」

食品産業部 根来 圭一 (専門分野: 果樹園芸学)

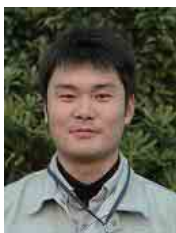


略歴

平成 9 年 3 月 広島県立大学生物資源学部生物資源開発学科 卒業
平成 9 年 4 月 和歌山県採用 果樹試験場うめ研究所等勤務
平成 24 年 4 月 和歌山県工業技術センター配属

「これまでの経験を活かすとともにその他の分野の知識習得にも積極的に取り組み、できるだけ早く皆様方のお役に立てるよう頑張ります。」

食品産業部 (企画総務部兼務) 古田 貴裕 (専門分野: 果樹園芸学)



略歴

平成 21 年 3 月 愛媛大学農学部生物資源学科 卒業
平成 21 年 4 月 和歌山県採用 有田振興局地域振興部農業振興課勤務
平成 24 年 4 月 和歌山県工業技術センター配属

「生産現場での活動経験を活かし、県内の食品産業に貢献できるよう頑張ります。」

薬事産業部 吉原 理津子 (専門分野: 医薬品分析、免疫学)



略歴

平成 18 年 3 月 岡山大学大学院自然科学研究科医療薬学専攻 修了
医療機器会社勤務経験
平成 24 年 4 月 和歌山県採用 和歌山県工業技術センター配属

「和歌山県の県内企業発展のために努力したいと思います。」

「県内企業の皆様のお役に立てるよう努力いたしますので、
ご指導ご鞭撻を賜りますようお願いいたします。」

技術情報誌
編集・発行
和歌山県工業技術センター
和歌山市小倉60番地

発行日
2012年5月25日
TEL
0733-4777-2880

印刷
住所
和歌山市中之島1-4-97
TEL
0733-4315517